

YETİŞKİN DİSTAL HUMERUS EKLEM İÇİ KIRIKLARDA PARATRİSİPİTAL YAKLAŞIMLA ÇİFT PLAK UYGULANAN HASTALARIN KLİNİK SONUÇLARI

CLINICAL RESULTS OF PATIENTS WITH DUAL PLATE WHICH HAVE PARATRİSİPİTAL APPROACH IN ADULT HUMERUS DISTAL INTRA-ARTICULAR FRACTURES

Recep DİNÇER¹, Hasan Basri PINAR², Tolga ATAY¹, Yakup Barbaros BAYKAL¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Isparta

²S.B. Etimesgut Devlet Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji, Ankara

Cite this article as: Dinçer R, Pınar HB, Atay T, Baykal YB. Clinical Results Of Patients Double Plate With Paratricipital Approach In Adult Humerus Distal Intra-Articular Fractures. Med J SDU 2021; 28(1): 67-72.

Öz

Amaç

Bu çalışmanın amacı distal humerus AO/OTA tip C1 ve C2 kırıklarında triceps koruyucu paratrisipital yaklaşımla opere edilen hastaların orta dönem klinik, radyolojik ve fonksiyonel sonuçlarını değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem

Kliniğimizde 2013-2018 yılları arası AO/OTA tip C1 ve C2 eklem içi distal humerus kırığı olup triceps koruyucu paratrisipital yaklaşım kullanılarak 2 farklı planda çift plak uygulanarak ameliyat edilen ve takip süresi en az 12 ay olan 21 hasta retrospektif olarak değerlendirildi. Olguların son kontrollerinde eklem hareket aralığı ölçümü (EHA) ve fonksiyonel değerlendirme Mayo Elbow Performance Score (MEPS) ile yapıldı ve dirsek hareketleri kaydedildi.

Bulgular

Olguların 13'ü (%61,9) erkek, 8'i (%38,1) kadın olup ortalama yaş 43,2 yıl idi. 12 hastada 90° açılarla çift plak uygulaması yapılırken, 9 hastada ise 180° açılarla çift plak kullanıldı. Tüm hastalar triceps koruyucu paratrisipital yaklaşımla opere edildi. Hastalar ortalama (12-23) 18 ay takip edildi. Ortalama kaynama

süresi 13(9-18 hafta) hafta olup tüm kırıklarda kaynama tespit edildi. Hastaların %81'inde hareket açıklığı, fonksiyonel hareket açıklığı olarak kabul edilen 30°-130° üzerindedir. Ortalama MEPS skoru 86,9 puan olarak belirlendi, kategorik olarak; 10 hasta (%47,6) çok iyi, 7 hasta (%33,3) iyi, 4 olgu (%19,1) orta sonuç elde edildiği görüldü.

Sonuç

Ekstansör mekanizma koruyucu paratrisipital yaklaşım, AO/OTA tip C1 ve C2 eklem içi distal humerus kırıklarının fiksasyonunda eklem yüzü hakimiyeti kısıtlı olmakla birlikte yeterli ulaşım sağlar ve hasta için fonksiyonel sonuçları memnun edicidir.

Anahtar Kelimeler: Humerus distal uç kırıkları, paratrisipital yaklaşım, humerotrisipital, çift plak.

Abstract

Objective

The aim of this study is to evaluate the clinical, radiological and functional results of patients operated with a paratricipital approach in AO/OTA Type C1 and C2 distal humerus fractures.

İletişim kurulacak yazar/Corresponding author: recebed@gmail.com

Müracaat tarihi/Application Date: 24.02.2020 • **Kabul tarihi/Accepted Date:** 27.07.2020

ORCID IDs of the authors: R.D. 0000-0001-9088-3940; H.B.P. 0000-0003-2004-9461;

T.A. 0000-0002-1429-9109; Y.B.B. 0000-0003-4198-6956

Materials and Methods

21 patients with AO / OTA type C1 and C2 intraarticular distal humerus fracture in our clinic between 2013-2018 who were operated with dual plates in two different planes using a triceps protective paratricipital approach were evaluated retrospectively. Range of motion measurement (ROM) and functional evaluation were performed with Mayo Elbow Performance Score (MEPS) in the last controls of the patients and elbow movements were recorded.

Results

Thirteen (61.9%) of the patients were male and 8 (38.1%) were female, and the mean age was 43.2 years. In 12 patients, double plate was applied at 90° angles, and in 9 patients, dual plate was used at 180° angles. All patients were operated with a triceps protective paratricipital approach. The patients were followed for an average of 18 months (12-23). Mean

union time 13 week (9-18 week) and all fractures were unioned. In 81% of patients, the range of motion was 30° -130°, which is considered the functional range of motion. The average MEPS score was determined as 86.9 points, categorically; It was observed that 10 patients (47.6%) were very good, 7 patients (33.3%) were good, and 4 patients (19.1%) had moderate results.

Conclusion

Paratricipital approach which extensor mechanism protective is limited for visualized in fixation of AO / OTA type C1 and C2 intraarticular distal humerus fractures, but it provides sufficient exposure and satisfies functional results for the patient.

Keywords: Humerus distal fractures, paratricipital approach, humerotricipital, dual plate

Giriş

Humerus alt ucunun eklem ilişkili ayrılmış kırıkları günümüzde ortopedi ve travmatolojinin, hızla gelişmekte olan implant teknolojileri ve cerrahi tekniklere rağmen tedavisi en sorunlu kırıklarından biridir. Kırık sonrası tatminkar ve ağrısız dirsek işlevinin sağlanması, eklem yüzeyinin anatomik rekonstrüksiyonuna, distal humerus geometrisinin normale döndürülmesine ve kırık parçalarının stabil tespitiyle erken eklem hareketine başlanması ile olasıdır (1, 2).

Distal humerusun ayrılmış eklem içi kırıklarında konservatif tedavi 1970'li yılların sonlarına kadar neredeyse standart tedavi idi. Konservatif tedavi seçenekleri arasında kapalı redüksiyon ve alçılama, olekranondan yapılan iskelet traksiyonu ("over-head" traksiyon) ve kemik torbası tekniği ("bag of bones") bulunmaktadır (3). Günümüzde distal humerusun ayrılmış eklem içi kırıklarında cerrahi tedavi altın standart olarak düşünülebilir (1, 4).

Yetişkin distal humerus eklem içi kırıkları sıklıkla posterior insizyonla ve ekstansör mekanizma bütünlüğünü bozan yaklaşımlarla tedavi edilmektedir. Bu yaklaşımlar, triceps güçsüzlüğü, olekranon osteotomi hattında kaynamama veya gecikmiş kaynama, implant irritasyonu, implant migrasyonu, osteotominin yer değiştirmesi, dirsekte hareket kısıtlılığı gibi olekranon osteotomisinin yarattığı çeşitli komplikasyonlarla ilişkilidir (5). Ekstansör mekanizma koruyucu paratrisipital yaklaşım, AO/OTA tip C1 ve C2 eklem içi distal humerus kırıklarının fiksasyonunda olekranon osteotomisi-

ne kıyasla eklem yüzü hakimiyeti kısıtlı olmakla birlikte yeterli ulaşım sağlar ve hasta için fonksiyonel sonuçları memnun edicidir (1, 4, 6). Plakların hangi açılarla yerleştirileceğine ameliyat öncesi dönemde çekilen grafiler, gerekli vakalarda üç boyutlu bilgisayarlı tomografi görüntüleri ve operasyon sırasında cerrahın seçimi neticesinde karar verilmelidir. Özellikle lateral kolondaki kırık parçaların üç boyutlu konfigürasyonu plakların hangi açıyla uygulanacağını belirtmesi açısından önemlidir. Lateral kolonda parçalanma az ve kırık parçalarının üç boyutlu konfigürasyonu uygunsa 90° açıyla uygulanan çift plak tercih edilir, eğer lateral kolonda parçalanma çok ve posterolateralden tespiti uygun olmayan üç boyutlu konfigürasyon varsa 180° açıyla uygulanan çift plak tatmin edici sonuçlar açısından yeterlidir (2).

Bu çalışmanın amacı distal humerus AO/OTA tip C1 ve C2 kırıklarında triceps koruyucu paratrisipital yaklaşımla opere edilen hastaların orta dönem klinik, radyolojik ve fonksiyonel olarak sonuçlarını değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem

Kliniğimizde 2013-2018 yılları arası AO/OTA tip C1 ve C2 yetişkin eklem içi distal humerus kırığı olup triceps koruyucu paratrisipital yaklaşım kullanılarak opere edilen hastalar tarandı. Çalışmaya dahil edilme kriterleri olarak 18 yaş üzeri hastalar, eklem dışı ve basit eklem içine uzanan parçalı humerus distal uç kırıkları olan hastalar olarak belirlendi. AO/OTA tip C3 kırıklar (Şekil 1), nörolojik defisitini eşlik ettiği kırıklar, vasküler

yaralanmanın eşlik ettiği kırıklar, açık kırıklar ve kırıklı çıkıklar çalışma dışı bırakıldı. Bu kriterleri sağlayan 2 farklı planda çift plak uygulanarak ameliyat edilen ve en az 1 yıllık takip süresi olan 21 hasta çalışmaya alındı. Tüm hastaların ameliyat öncesi yazılı onamları mevcut olup retrospektif değerlendirme öncesinde etik kurul onamı alındı.

Hasta dosyaları geriye dönük incelenerek hastaların yaşı, cinsiyetleri, yaralanma mekanizması ve tarihi, kırığın AO/OTA sınıflandırmasına göre tipi, hastanın ek patolojileri, cerrahi öncesi geçen süre, kullanılan cerrahi yaklaşım ve teknik, kırık tespit yöntemi, ameliyat sonrası takipte tedavi planı, komplikasyonlar ve rehabilitasyon protokolü değerlendirildi. Hastalar 1. Ay, 3.ay, 6.ay ve 1. Yıl kontrollerine düzenli olarak çağrıldı. Radyolojik değerlendirmeler ön-arka ve yan grafi ile Bilgisayarlı Tomografiler (BT), dirsek fonksiyonları da Mayo Dirsek Performans Skorlama sistemi kullanılarak kaydedildi.

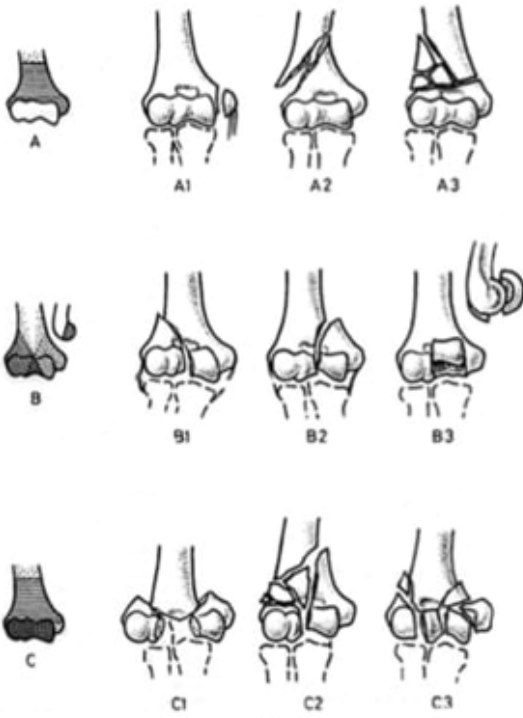
İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS v22.0 pa-

ket programı kullanılmıştır. Grup dağılımın değerlendirilmesinde ve güç analizinde Shapiro-Wilk testi, kategorik veri gruplarının karşılaştırılmalarında Pearson Ki-Kare testi kullanılmıştır.

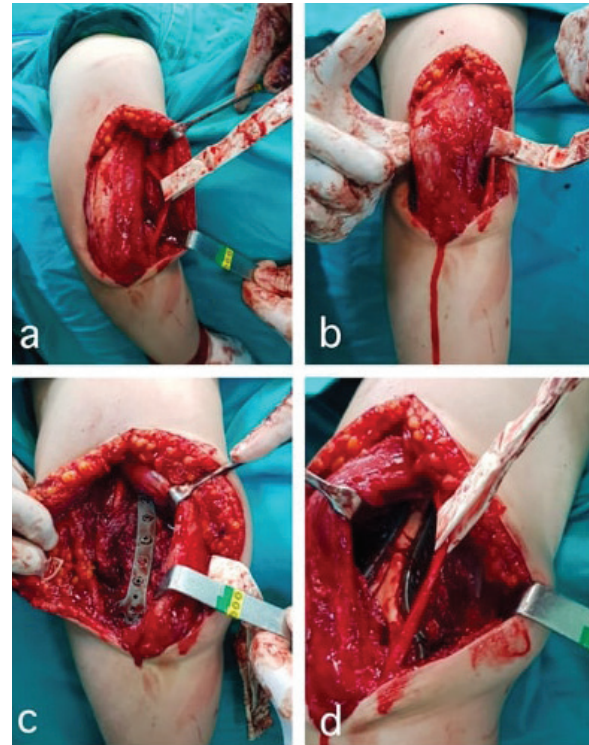
Cerrahi Teknik

Tüm hastalara cerrahiden yarım saat önce 1 gr. Sefazolin uygulandı. Cerrahi girişim genel anestezi altında lateral dekübit pozisyonunda ve turnike kontrolünde yapıldı. Dirsek 90 derece fleksiyonda olacak şekilde kolluk kullanıldı. Ameliyatları aynı cerrahi ekip gerçekleştirdi. Posterior insizyon sonrası rutin olarak ulnar sinir eksplorasyonu yapıldı, gerekli vakalarda radial sinir eksplorasyonu da eklendi. Triceps kası korunarak medial ve lateralinden her iki kolon için uygun görüş sağlandı (Şekil 2). Plak açılmasına lateral duvarda ki parçalanmaya ve kırık parçalarının intraoperatif üç boyutlu konfigürasyonuna göre karar verildi. Lateral duvar parçalı ise 180° açılanmayla (Şekil 3) çift plak (TRUEMED, Ümraniye, İstanbul-Türkiye) uygulanırken, lateral duvarda parçalanma yoksa ve intraoperatif kırık parçalarının üç boyutlu konfigürasyonu uygunsa 90° açılanmayla çift plak uygulaması



Şekil 1

Distal humerus kırıklarının AO/OTA sınıflaması. Tip A kırıklar eklem dışıdır, Tip B kırıklar eklemi kısmen içerir, Tip C kırıklar ise eklemi tümünü ilgilendirir. C1 kırıklar basit tek parça eklem uzanan kırık fragmanından oluşurken, C2 kırıklar yine eklem uzanan metafizyal parçalı fragmanlardan oluşan kırıklardır. C3 kırıklar çok parçalı eklem yüzeyini içeren kırıkları oluşturur.



Şekil 2

a) Lateral dekübit pozisyonunda posterior insizyon sonrası intraoperatif görüntü. Rutin olarak uygulanan ulnar sinir eksplorasyonu, b) Triceps kası korunarak medial ve lateralinden ayrılır, c) Triceps kasının mediale ekartasyonu ile lateral kolondan plak-vida uygulaması d) Triceps kasının laterale ekartasyonu ile ulnar sinirin korunarak medialden ikinci plağın uygulanması görülmektedir.

**Şekil 3**

Preoperatif 3 boyutlu Bilgisayarlı Tomografi (a) koronal ve (b) sagittal kesitleri. Postoperatif 2. hafta kontrolündeki ön arka (c) ve yan grafisi (d) görülmektedir.

tercih edildi. Ameliyathanede uzun kol atel uygulandı. Ameliyat sonrası dirsek hareketlerine postoperatif ikinci gün başlandı. Dikişler ikinci hafta alınarak atel uygulaması 2. haftadan itibaren sonlandırılarak kol-boyun askısı uygulandı.

Bulgular

Olguların 13'ü erkek (%61,9), 8'i kadın (%38,1) olup ortalama yaş 43,2 yıl idi. AO/OTA humerus distal uç kırık sınıflamasına göre kırıkların 11'i (%52,4) tip C1, 10'u (%47,6) tip C2 kırık şeklindeydi. Yaralanma mekanizmaları 8 hastada (%38,1) araç içi trafik kazası, 6 hastada (%28,6) yüksekten düşme, 6 hastada (%28,6) basit düşme, 1 hasta (%4,7) ezici yaralanma şeklindeydi (Tablo 1). 12 hastada 90° açılarla çift plak uygulaması yapılırken, 9 hastada ise 180° açılarla çift plak kullanıldı. Tüm hastalar triceps koruyucu paratrisipital yaklaşımla opere edildi. Hastalar ortalama (12-23) 18 ay takip edildi. Hastalar travmadan ortalama 2,4 gün (1-5 gün) sonra ameliyat edildiler. Hastalar ortalama 3,5 gün (2-6 gün) sonra taburcu edildi. Dirsek hareketlerine ortalama 2. günde başlandı. Ortalama kaynama süresi 13 hafta (hf) (9-18 hf) olup tüm olgularda kaynama elde edildi.

Tablo 1

Hastaların demografik verileri ve yaralanma mekanizmaları

	N (%)
Yaş	43.2
Cinsiyet (E/K)	13 (%61.9) /8 (%38.1)
Kırık tipi	
AO/OTA C1	11 (%52.4)
AO/OTA C2	10 (%47.6)
Yaralanma mekanizması	
AİTK	8 (%38.1)
YET	6 (%28.6)
DET	6 (%28.6)
Ezilme yaralanması	1 (%4.7)
Plak vida uygulama tekniği	
90-90 plaklama yapılanlar	12 (%57.1)
180° paralel plaklama yapılanlar	9 (%42.9)
Takip süresi (ort)	18 ay(12-23)
Komplikasyonlar	
Yüzeysel enfeksiyon	1 (%4.8)
Ulnar sinir nöropaksisi	1 (%4.8)
Heterotopik osifikasyon	1 (%4.8)

Ameliyat sonrası erken dönemde 1 (%4,8) hastada geçici yüzeysel cerrahi alan enfeksiyonu görüldü. 1 (%4,8) hastada geçici ulnar sinir nöropraksisi görüldü. Geç dönemde ise 1 (%4,8) hastada heterotopik ossifikasyon görüldü. Hastalarımızın son kontrollerinde yapılan değerlendirmelerinde ortalama dirsek fleksiyonunun 126° (dağılım 90°-140°), ortalama ekstansiyon kaybı 14° (dağılım 0°-18°) olduğu saptandı. Tüm kırıklarda kaynama tespit edildi. Hastaların %81'inde hareket açıklığı, fonksiyonel hareket açıklığı olarak kabul edilen 30°-130° üzerindedir. Mayo dirsek performans skorumuzun sistemine göre ortalama MEPS skoru 86,9 puan olarak belirlendi, kategorik olarak; 10 hasta (%47,6) çok iyi, 7 hasta (%33,3) iyi, 4 olgu (%19,1) orta sonuç elde edildiği görüldü. 90 ve 180 derece plak yerleştirilen olguların klinik sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0.145).

Plak açısı ile kırık tipi ve iki farklı plaklama yönteminin istatistiksel ilişkisi incelendi. Plak açısı ile kırık tipi ve mayo klinik sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı gözlemlendi (Tablo 2).

Tartışma

Humerus alt uç eklem içi kırıkları humerusun kompleks kırıklarındandır ve farklı yaklaşımlar tariflenmiş-

tir. Günümüzde posteriordan yapılan yaklaşımlar en sık kullanılanlardır. Posteriordan yapılan en sık girişim trans-olekranon yaklaşım olarak da bilinen olekranon osteotomisi yapılarak humerus distal eklem yüzeyine ulaşan yaklaşımdır. Yazarlar da en sık bu yaklaşımı tercih etmektedir(1, 7, 8). Bu yaklaşım humerus distal eklem yüzeyinin büyük bölümünü görünür hale getirmesi, hatta indirek olarak eklem yüzeyinin anterioruna ulaşarak koronal planda olan kırık komponentlerinin de tespitine izin vermesi açısından avantajlıdır (8). Ancak triceps güçsüzlüğü, osteotomi hattında kaynamama veya gecikmiş kaynama, implant irritasyonu, implant migrasyonu, osteotominin yer değiştirmesi, dirseğin mobilizasyon kısıtlılığı gibi olekranon osteotomisinin yarattığı morbiditeden kaçınmak isteyenler alternatif posterior yaklaşımları önermiştir. Bryan ve Morrey'in medial-lateral triceps ayırma (triceps sparing-paratrisipital) yaklaşımı, Campell'in triceps kesme (triceps splitting) yaklaşımı ve O'Driscoll'un triceps-reflecting anconeus pedicle (TRAP) yaklaşımlarıdır (6, 7, 9, 10).

Wilkinson ve ark.'nın kadavra çalışmasında olekranon osteotomisinin kırıkda yüzeye ulaşım açısından paratrisipital yaklaşımla bir fark olmadığı tespit edilmiş (11). Çok parçalı olmayan eklem içine uzanım gösteren humerus alt uç kırıklarında paratrisipital yaklaşım tüm ekleme ulaşım açısından kısıtlılık oluştursa

Tablo 2

Mayo klinik sonuçları ile kırık tipi, plak açısı, yaş ve cinsiyet arasındaki karşılaştırma tablosu

Mayo	Kötü	Orta	iyi	Çok iyi	P değeri
Kırık tipi					
C1	0	2	4	5	p=0.275
C2	0	2	3	5	
Plak açısı					
90-90	0	2	4	6	p=0.145
180°	0	2	3	4	
Yaş					
18-35	0	0	2	2	
36-60	0	2	4	7	p=0.613
60<	0	2	1	1	
Cinsiyet					
Erkek	0	2	5	6	p=0.247
Kadın	0	2	2	4	
Plak açısı		90-90		180°	
C1 tipi kırık		6		5	p=0.245
C2 tipi kırık		6		4	

Plak açısının kırık tipleri arasındaki ilişkisi tablonun en altında yer almaktadır. P anlamlılık değeri <0.05 olarak kabul edilmiştir.

da vakalarımızda indirek olarak tüm eklem hakimiyet olanağı sağlamıştır.

Paratrisipital yaklaşımın başta triceps güçsüzlüğü olmak üzere osteotomi hattında kaynamama veya gecikmiş kaynama, implant irritasyonu, implant migrasyonu, osteotominin yer değiştirmesi, dirseğin mobilizasyon kısıtlılığı gibi olekranon osteotomisinin yarattığı çeşitli komplikasyonlardan kaçınmak için AO/OTA tip C1 ve C2 eklem içi distal humerus kırıklarında etkin bir cerrahi yaklaşım olduğu söylenebilir. Bu yaklaşımın, elde ettiğimiz verilerde mayo klinik sonuçlara bakıldığında %81 olguda mükemmel ve iyi sonuç çıkmasının rijit tespit sonrası erken eklem hareketine izin vermesine bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Stabil tespit yapılan olgularda rehabilitasyon sürecinin erken başlatılmasının ve erken hareket verilebilmesinin başarıyı artırdığını düşünüyoruz.

Yetişkin humerus distal uç eklemle ilişkili kırıklarında çift plak uygulamalarında plakların pozisyonuyla ilgili tartışmalar devam etmektedir. Klinik çalışmaların yanında literatürde birçok biyomekanik çalışma da yer almaktadır. Ancak biyomekanik çalışmalarda klinik uygulamaların fonksiyonel ve radyolojik sonuçlarının in vitro çalışmalarla uyumlu olmayabileceği vurgulanmıştır (12, 13). Her ne kadar biyomekanik olarak paralel plaklar üstün gözükse de; kırığın etrafında ki yumuşak doku, kırık parçalarının pozisyonu ve cerrahi işlem göz önüne alındığında bu üstünlüğün klinik olarak kanıtlanmasının zor olacağını vurgulamışlardır (12, 14). Çalışmamızda plak yerleşiminde ve plakların birbirleriyle 90° veya 180° açıyla yerleştirilmesine operasyon öncesi çekilen grafilerde lateral duvardaki parçalanmaya ve intraoperatif kırık parçalarının üç boyutlu konfigürasyonuna göre karar verildi. Lateral duvar parçalı ve üç boyutlu konfigürasyon posterolateralden kırık tespitine imkan sağlamıyorsa 180° açılanmayla çift plak uygulanırken, lateral duvarda parçalanma yoksa ve intraoperatif kırık konfigürasyonu uygunsa 90° açılanmayla çift plak uygulaması tercih edildi. Bu iki plaklama yönteminin arasında klinik çalışmamızda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi (p=0,245).

Sonuç

Yetişkin distal humerus eklem içi kırıklarında ekstan-sör mekanizma koruyucu paratrisipital yaklaşım, AO/OTA tip C1 ve C2 intraartiküler distal humerus kırıklarının fiksasyonunda eklem yüzü hakimiyeti kısıtlı olmakla birlikte yeterli ulaşımı sağlar. Bu yaklaşımda klinik sonuçların yüz güldürücü olması erken eklem hareketine başlanabilmesine bağlıdır.

Kaynaklar

1. Kozanek M, Bartonicek J, Chase SM, Jupiter JB. Treatment of distal humerus fractures in adults: a historical perspective. *J Hand Surg Am.* 2014;39(12):2481-5.
2. McKee MD, Jupiter JB. A contemporary approach to the management of complex fractures of the distal humerus and their sequelae. *Hand Clin.* 1994;10(3):479-94.
3. Riseborough EJ, Radin EL. Intercondylar T fractures of the humerus in the adult. A comparison of operative and non-operative treatment in twenty-nine cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51(1):130-41.
4. Robinson CM, Hill RM, Jacobs N, Dall G, Court-Brown CM. Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment. *J Orthop Trauma.* 2003;17(1):38-47.
5. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury.* 2006;37(8):691-7.
6. O'Driscoll SW. The triceps-reflecting anconeus pedicle (TRAP) approach for distal humeral fractures and nonunions. *Orthop Clin North Am.* 2000;31(1):91-101.
7. Bryan RS, Morrey BF. Extensive posterior exposure of the elbow. A triceps-sparing approach. *Clin Orthop Relat Res.* 1982(166):188-92.
8. Patterson SD, Bain GI, Mehta JA. Surgical approaches to the elbow. *Clin Orthop Relat Res.* 2000(370):19-33.
9. Ziran BH, Smith WR, Balk ML, Manning CM, Agudelo JF. A true triceps-splitting approach for treatment of distal humerus fractures: a preliminary report. *J Trauma.* 2005;58(1):70-5.
10. Morrey BF. Surgical treatment of extraarticular elbow contracture. *Clin Orthop Relat Res.* 2000(370):57-64.
11. Wilkinson JM, Stanley D. Posterior surgical approaches to the elbow: a comparative anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10(4):380-2.
12. Got C, Shuck J, Biercevicz A, Paller D, Mulcahey M, Zimmermann M, et al. Biomechanical comparison of parallel versus 90-90 plating of bicolateral distal humerus fractures with intra-articular comminution. *J Hand Surg Am.* 2012;37(12):2512-8.
13. Schwartz A, Oka R, Odell T, Mahar A. Biomechanical comparison of two different periarticular plating systems for stabilization of complex distal humerus fractures. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006;21(9):950-5.
14. Caravaggi P, Laratta JL, Yoon RS, De Biasio J, Ingargiola M, Frank MA, et al. Internal fixation of the distal humerus: a comprehensive biomechanical study evaluating current fixation techniques. *J Orthop Trauma.* 2014;28(4):222-6.